

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 27 MAY 2003

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 17 876.3  
**Anmeldetag:** 22. April 2002  
**Anmelder/Inhaber:** Infineon Technologies AG,  
München/DE  
**Bezeichnung:** Verfahren zur Herstellung dünner metall-  
haltiger Schichten mit geringem elektrischen  
Widerstand  
**IPC:** H 01 L 21/768

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 24. April 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

HolB

## Beschreibung

Verfahren zur Herstellung dünner metallhaltiger Schichten mit geringem elektrischen Widerstand

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung dünner metallhaltiger Schichten mit geringem elektrischen Widerstand und insbesondere auf dünne Cu-Leiterbahnen zur Verwendung in Halbleiterbauelementen.

Bisher wurden bei der Herstellung von integrierten Halbleiterschaltungen vorzugsweise Aluminiumschichten in jeweiligen Verdrahtungsebenen zur Realisierung von Leiterbahnen abgeschieden und strukturiert, wobei grundsätzlich eine Al-Schicht bis zu einer vorbestimmten Dicke abgeschieden und anschließend mittels herkömmlicher fotolithographischer und dazugehöriger Ätzverfahren strukturiert wurde.

Zunehmend werden jedoch alternative Materialien insbesondere zur Verwendung in derartigen Metallisierungsschichten eingesetzt, um der zunehmenden Integrationsdichte gerecht zu werden. Durch die Verwendung von beispielsweise Kupfer für derartige Verdrahtungsebenen konnten auf Grund der gegenüber Aluminium wesentlich geringeren Widerstände integrierte Schaltungen entwickelt werden, die bei wesentlich höheren Geschwindigkeiten und bei einem geringeren Leistungsverbrauch arbeiten. Nachteilig ist jedoch bei der Verwendung von derartigen alternativen Materialien, insbesondere bei Verwendung von Kupfer, die relativ schwere Handhabbarkeit, die sich beispielsweise aus Abscheide- und/oder Ätzproblemen ergibt.

Zur Beseitigung derartiger Probleme wurde beispielsweise die in der Figuren 1a und 1b dargestellte Damascene-Technologie entwickelt.

Die Figuren 1a und 1b zeigen vereinfachte Schnittdarstellungen zur Veranschaulichung wesentlicher Herstellungsschritte

eines derartigen herkömmlichen Damascene-Verfahrens zur Ausbildung dünner metallhaltiger Schichten.

5 Gemäß Figur 1a befindet sich auf einem Trägersubstrat 1, welches beispielsweise eine integrierte Halbleiterschaltung in einem Halbleitersubstrat mit darüber liegenden Elementschichten darstellt, eine dielektrische Schicht 2, in der ein Graben für eine später auszubildende Leiterbahn ausgebildet wird. In nachfolgenden Schritten wird sowohl an der Oberfläche als auch im Graben der dielektrischen Schicht 2 eine Diffusionsbarrierenschicht 3 (liner) und eine Keimschicht 4 (seed layer) ausgebildet, die ein nachfolgendes Aufwachsen einer Cu-Schicht 5 ermöglicht bzw. vereinfacht.

15 Gemäß Figur 1b wird nachfolgend beispielsweise mittels eines CMP-Verfahrens (Chemical Mechanical Polishing) die oberhalb des Grabens verbleibende Schichtenfolge entfernt und eine weitere Diffusionsbarrierenschicht 6 als sogenannte Caplayer ausgebildet.

20 Auf diese Weise können auch sehr fein strukturierte Leiterbahnen mit schwierig handhabbaren Materialien hergestellt werden. Nachteilig ist hierbei jedoch insbesondere bei Strukturgrößen kleiner 0,2 Mikrometern eine wesentliche Verschlechterung der elektrischen Leitfähigkeit auf Grund von Korngrößenproblemen innerhalb der metallhaltigen Schicht 5.

Figur 2 zeigt eine vereinfachte Draufsicht einer unterschiedlich strukturierten Leiterbahn gemäß einem weiteren Stand der Technik, wie er beispielsweise aus der Literaturstelle Q. T. Jiang et al., Proceedings of 2001 IICT Conference, Seiten 227 bis 229 bekannt ist. Gemäß dieser Druckschrift wurde die in Figur 2 dargestellte strukturabhängige Rekristallisation Übergangsweise festgestellt, wobei in fein strukturierten Bereichen mit beispielsweise einer Strukturbereite  $w_1$  im Gegensatz zu grob strukturierten Bereichen mit einer Strukturbreite  $w_2$  eine metallhaltige Schicht mit unterschiedlichen Korn-

größen 5A und 5B ausgebildet werden. Hierbei weisen die fein strukturierten Bereiche mit einer Breite  $w_1$  auf Grund ihrer geringeren Korngröße einen wesentlich größeren Widerstand auf als die grob strukturierten Bereiche 5B mit ihren großen  
5 Korngrößen. Nachteilig ist hierbei jedoch, dass in den fein strukturierten Bereichen sich auch bei höherer Ausheiltemperatur und bei verlängerter Ausheilzeit nicht die selben großen Korngrößen erzeugen lassen wie in den grob strukturierten Bereichen, da die maximale Korngröße im Wesentlichen durch  
10 die Geometrie der zu füllenden Strukturen begrenzt ist.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde ein Verfahren zur Herstellung dünner metallhaltiger Schichten mit geringem elektrischen Widerstand zu schaffen, welches einfach und kostengünstig zu realisieren ist. Ferner liegt der Erfindung die  
15 Aufgabe zu Grunde dünne metallhaltige Schichten mit verbesserten Elektromigrationseigenschaften herzustellen.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Maßnahmen des  
20 Patentanspruchs 1 gelöst.

Insbesondere durch das Ausbilden einer metallhaltigen Ausgangsschicht mit einer ersten Korngröße auf einem Trägermaterial und dem nachfolgenden Erzeugen und Bewegen eines lokal begrenzten Wärmebereichs in der metallhaltigen Ausgangs-  
25 schicht derart, dass eine Rekristallisation der metallhaltigen Ausgangsschicht zum Erzeugen einer metallhaltigen Schicht mit einer zur ersten Korngröße vergrößerten zweiten Korngröße durchgeführt wird, erhält man metallhaltige Schichten mit einer verbesserten Leitfähigkeit und verbesserten Elektromigrationseigenschaften.  
30

Vorzugsweise werden Leiterbahnen in einer Primärrichtung und/oder in einer zur Primärrichtung im Wesentlichen senkrechten Sekundärrichtung ausgebildet und die Bewegung des Wärmebereichs im Wesentlichen in dieser Primärrichtung und/oder Sekundärrichtung oder unter einem Winkel von 45 Grad  
35

zur Primär- und Sekundärriichtung durchgeführt. Auf diese Weise können die in einer Halbleiterschaltung üblicherweise orthogonal zueinander angeordneten Leiterbahnen in ihren jeweiligen Ausbreitungsrichtungen rekristallisiert werden, wodurch sich vergrößerte Korngrößen und somit verringerte Leitungswiderstände und verbesserte Elektromigrationseigenschaften ergeben. Insbesondere bei der in einem Winkel von 45 Grad durchgeführten Bewegung des Wärmebereichs über die metallhaltige Ausgangsschicht kann eine Rekristallisation besonders einfach, schnell und somit kostengünstig für einen gesamten Halbleiterbaustein oder Halbleiterwafer realisiert werden. Ein derartiges Überstreichen des Wärmebereichs über die zu rekristallisierende metallhaltige Schicht kann hierbei auch mehrfach durchgeführt werden, wodurch man verbesserte Rekristallisationsergebnisse und damit verbesserte elektrische Eigenschaften sowie Elektromigrationseigenschaften erhält.

Vorzugsweise wird der lokal begrenzte Wärmebereich durch einen aufgefächerten Laserstrahl, ein heißes Gas, eine Vielzahl von Heizlampen und/oder einen Heizdraht erzeugt, die mit einer vorbestimmten Geschwindigkeit über die metallhaltige Ausgangsschicht geführt werden. Bei einer derartigen Erzeugung des Wärmebereichs, die beispielsweise auch in einer Schutzgasatmosphäre stattfinden kann, kann eine Rekristallisation der metallhaltigen Ausgangsschicht besonders effektiv und schnell durchgeführt werden. Der lokal begrenzte Wärmebereich kann hierbei beispielsweise streifenförmig oder punktförmig ausgebildet sein.

Die metallhaltige Ausgangsschicht kann eine Metalllegierung oder ein dotiertes Metall mit einem Fremdanteil kleiner 5% aufweisen, wobei während der Wärmebehandlung die Fremdanteile bzw. Dotierstoffe an die Oberfläche ausdiffundieren und eine selbstpassivierende Oberflächenschicht erzeugen können. Auf diese Weise können insbesondere bei der Herstellung von Leiterbahnen mittels einer Damascene-Technologie zusätzliche Passivierungsschritte entfallen.

Insbesondere bei der Verwendung des Verfahrens zur Ausbildung von Halbleiterschaltungen liegt eine Temperatur des lokal begrenzten Wärmebereichs in einem Bereich von 150 Grad Celsius bis 450 Grad Celsius, wodurch die elektrischen Eigenschaften insbesondere von sogenannten Low k-Dielektrika nicht negativ beeinflusst werden. Ferner kann durch die Verwendung von Diffusionsbarrierenschichten und Keimschichten ein verbesserter Kristallisationsvorgang der metallhaltigen Ausgangsschicht herbeigeführt und eine unerwünschte Diffusion von die elektrischen Eigenschaften der Halbleiterschaltung verschlechternden Stoffen zuverlässig verhindert werden.

In den weiteren Unteransprüchen sind weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung gekennzeichnet.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher beschrieben.

Es zeigen:

Figuren 1a und 1b vereinfachte Schnittansichten zur Veranschaulichung wesentlicher Herstellungsschritte in einem herkömmlichen Damascene-Verfahren;

Figur 2 eine vereinfachte Draufsicht zur Veranschaulichung von strukturbedingten Rekristallisationseigenschaften gemäß dem Stand der Technik;

Figur 3 eine vereinfachte Draufsicht zur Veranschaulichung eines Herstellungsverfahrens gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel;

Figur 4 eine vereinfachte Draufsicht zur Veranschaulichung eines Herstellungsverfahrens gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel; und

Figur 5 eine vereinfachte Draufsicht zur Veranschaulichung eines Herstellungsverfahrens gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel.

- 5 Die Erfindung wird nachstehend anhand einer Cu-Schicht als metallhaltige Schicht beschrieben, wobei in gleicher Weise auch andere metallhaltige Schichten und insbesondere Al, Ag, Pt und/oder Au verwendet werden können. Derartige alternative Materialien zur Realisierung von Metallisierungsschichten ge-  
10 winnen insbesondere in der Halbleitertechnik zunehmend an Bedeutung, da sie eine verbesserte Leitfähigkeit und somit erhöhte Taktraten sowie einen verringerten Leistungsverbrauch ermöglichen.
- 15 Insbesondere bei sehr kleinen Strukturgrößen von kleiner 0,1 Mikrometer (hinsichtlich ihrer Dicke oder Höhe) ergeben sich jedoch die eingangs beschriebenen Probleme, wobei insbesondere auf Grund der sehr kleinen Korngrößen im elektrisch leitenden Material eine wesentliche Widerstandserhöhung ein-  
20 setzt. Ferner führen derartige kleine Korngrößen zu einer verstärkten, jedoch unerwünschten Elektromigration in Richtung der jeweiligen Leiterbahnen. Auf diese Weise können die Vorteile derartiger neuer bzw. alternativer Verdrahtungsmaterialien verringert werden.
- 25 Das erfindungsgemäße Verfahren zeigt nunmehr, wie auf einfache Art und Weise auch für sehr kleine Strukturgrößen kleiner 0,2 Mikrometer verwendbare dünne metallhaltige Schichten mit geringem elektrischen Widerstand und verbesserten Elektromigrationseigenschaften hergestellt werden können.  
30

Figur 3 zeigt eine vereinfachte Draufsicht strukturierter metallhaltiger Schichten bzw. Leiterbahnen 5 zur Veranschaulichung eines wesentlichen Verfahrensschrittes bei der Herstellung dünner metallhaltiger Schichten gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel.  
35

Die strukturierten metallhaltigen Schichten 5 wurden beispielsweise mit der in den Figuren 1a und 1b dargestellten Damascene-Technologie hergestellt, wobei gleiche Bezugszeichen gleiche oder entsprechende Elemente bzw. Schichten beschreiben und auf eine wiederholte Beschreibung nachfolgend verzichtet wird. Mit einer derartigen herkömmlichen Damascene-Technologie können demzufolge in einer dielektrischen Schicht 2 bzw. in darin ausgebildeten Gräben eine Diffusionsbarrierenschicht 3, eine Keimschicht 4 und eine metallhaltige Ausgangsschicht 5A, die eine erste Korngröße aufweist, ausgebildet werden, wobei sich nach einem CMP-Verfahren die in Figur 3 dargestellte Draufsicht ergibt.

Nach einer derartigen Realisierung von sehr schmalen (z.B. kleiner 0,1 Mikrometer) Dual-Damascene-Cu-Leiterbahnen 5 streicht beispielsweise ein aufgefächerter Laserstrahl zum Erzeugen eines lokal begrenzten Wärmebereichs W langsam entlang einer Primärrichtung x der Leiterbahnen bzw. metallhaltigen Schichten 5 und erwärmt diese auf eine lokale Temperatur innerhalb eines Bereichs von ca. 150 Grad Celsius bis 450 Grad Celsius. Die Bewegung (z.B. 1 cm/Sekunde) der so erzeugten Temperaturfront entlang der Leiterbahn 5 ermöglicht eine Rekristallisation der kleinen und zufällig verteilten Kupferkörner von einer ersten Korngröße 5A zu einer vergrößerten zweiten Korngröße 5C. Genauer gesagt ergibt sich hierbei eine Tendenz zum Erzeugen von in Bewegungsrichtung bzw. in Richtung der Leiterbahnen 5 verlängerten Körnern.

Auf Grund der Verlängerung der Cu-Körner entlang der Leiterbahnen 5 ergibt sich für den elektrischen Strom bzw. die entsprechenden freien Ladungsträger ein signifikant verringertes Korngrößenscattering (Grain Boundary Scattering). Gleichzeitig bewirkt dies einen signifikant verringerten Widerstand, was wiederum zu einer höheren Leitfähigkeit und verbesserten Elektromigrationseigenschaften führt. Insbesondere in Halbleiterschaltungen können auf diese Weise der Leistungsverbrauch verringert und die Taktraten erhöht werden.



Während der Laserabtastung bzw. während des Überstreichens des lokal begrenzten Wärmebereichs W über die metallhaltige Ausgangsschicht 5A mit ihrer ersten Korngröße sollte die Temperatur nicht über 450 Grad Celsius hinaus gehen, da eine  
5 Vielzahl von sogenannten Low k-Dielektrika, die beispielsweise die Cu-Leiterbahnen 5 umgeben, derartigen Temperaturen nicht Stand halten und darüber hinaus niedrigere Temperaturen die Wahrscheinlichkeit für sogenannte Cu-Hillock-Ausbildung  
10 verringern. Ferner kann bei einem derartigen Temperaturbereich ein unerwünschtes Ausdiffundieren von Dotierstoffen im Halbleitermaterial und damit eine Verschlechterung der elektrischen Eigenschaften von Halbleiterelementen zuverlässig verhindert werden.

15 Vorzugsweise wird dieser Vorgang in einer Schutzgasatmosphäre aus  $N_2$ , Ar, He oder in einem Vakuum durchgeführt, wodurch beispielsweise eine Oxidation der metallhaltigen Schicht verringert bzw. verhindert wird.

20 Die im vorliegenden Ausführungsbeispiel verwendete Keimschicht 4 besteht beispielsweise aus einer Cu-Keimschicht, wodurch die metallhaltige Cu-Anfangsschicht 5A besonders effektiv und einfach ausgebildet werden kann. Verfahren zum  
25 Ausbilden dieser metallhaltigen Anfangsschicht 5A sind beispielsweise herkömmliche PVD- oder CVD-Verfahren, wobei jedoch vorzugsweise ein galvanisches bzw. elektrochemisches Abscheidungsverfahren (ECD, Electro Chemical Deposition) verwendet werden kann. Hierbei wird die Keimschicht 4 als Aufwachs-  
30 elektrode für die metallhaltige Anfangsschicht 5A mit ihrer ersten Korngröße verwendet.

Alternativ zu dem vorstehend beschriebenen Kupfer oder den  
weiteren Materialien, wie beispielsweise Al, Ag, Pt oder Au,  
35 können für die metallhaltige Anfangsschicht 5A auch Legierungen oder sogenannte dotierte Metalle als metallhaltige Anfangsschicht 5A verwendet werden, wodurch sich je nach Bedarf

verbesserte elektrischen Eigenschaften oder eine vereinfachte Herstellung ergibt. Derartige dotierte Metalle sind beispielsweise AlCu mit 0,5% Cu, AlSiCu mit 1% Si und 0,5% Cu, CuTi, CuIn, CuSn, CuMg, CuAl, CuZr, usw. wobei die Dotierstoffkonzentration im Wesentlichen kleiner 5% ist.

Insbesondere bei der Verwendung von derartigen Metalllegierungen oder dotierten Metallen mit einem Fremdanteil kleiner 5% können spätere Passivierungsschritte eingespart werden, wodurch sich eine Vereinfachung und Kostenersparnis ergibt. Genauer gesagt werden bei Verwendung derartiger Metalllegierungen oder dotierter Metalle für die metallhaltige Anfangsschicht 5A während der Wärmebehandlung durch den lokal begrenzten Wärmebereich W Dotierstoffe bzw. Fremdanteile an die Oberfläche ausdiffundiert, wodurch eine Selbstpassivierungsoberflächenschicht erzeugt wird. In diesem Fall kann eine Abscheidung der beispielsweise in Figur 1b dargestellten Cap-Schicht 6 entfallen, die üblicherweise aus SiN, SiC, B10K usw. besteht.

Alternativ zu der vorstehend beschriebenen Laser-Wärmequelle zum Erzeugen eines aufgefächerten Laserstrahls kann der lokal begrenzte Wärmebereich W auch durch ein heißes Gas wie z.B. Ar, N<sub>2</sub> oder He, welches durch eine entsprechend geformte Düse ausströmt, einen Heizdraht oder eine Vielzahl von in einem Array angeordneten Heizlampen erzeugt werden. Je nach gefahrenem Standardprozess kann somit die einfachste und kostengünstigste Lösung realisiert werden.

Die in Pfeilrichtung durchgeführte Bewegung des lokal begrenzten Wärmebereichs W wird hierbei in Abhängigkeit von der zugeführten Energiemenge derart eingestellt, dass sich jeweils eine optimale Rekristallisation der metallhaltigen Anfangsschicht 5A mit der ersten Korngröße zur metallhaltigen Schicht 5C mit seiner zur ersten Korngröße vergrößerten bzw. verlängerten zweiten Korngröße ergibt.

Figur 4 zeigt eine vereinfachte Draufsicht einer strukturier-  
ten metallhaltigen Schicht 5 zur Veranschaulichung eines Her-  
stellungsverfahrens gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel,  
wobei gleiche Bezugszeichen gleiche oder entsprechende Ele-  
5 mente bzw. Schichten wie in den Figuren 1 und 3 bezeichnen  
und auf eine wiederholte Beschreibung nachfolgend verzichtet  
wird.

10 Gemäß Figur 4 sind die metallhaltigen Anfangsschichten 5A mit  
ihrer ersten Korngröße nicht ausschließlich in einer Primär-  
richtung x, sondern auch in einer zur Primärrichtung x im We-  
sentlichen senkrechten Sekundärrichtung y ausgebildet, wie  
sie üblicherweise in Halbleiterschaltungen als Leiterbahnen  
angeordnet sind.

15 Gemäß einer nicht dargestellten Ausführungsform kann der lo-  
kal begrenzte Wärmebereich W nunmehr zunächst in der Primär-  
richtung x und anschließend in der Sekundärrichtung y bewegt  
werden, wodurch sich in den dazugehörigen Leiterbahnbereichen  
20 die erfindungsgemäße Rekristallisation zu den vergrößerten  
bzw. verlängerten zweiten Korngrößen in der metallhaltigen  
Schicht 5C einstellt.

25 Gemäß Figur 4 kann zur schnelleren und effektiveren Realisie-  
rung dieser Rekristallisation jedoch auch ein im Winkel von  
45 Grad zur Primär- und Sekundärrichtung x und y durchgeführ-  
ter Abtastvorgang durchgeführt werden, wobei gleichzeitig die  
Leiterbahnbereiche in der Primärrichtung x als auch in der  
Sekundärrichtung y rekristallisiert und in die verlängerten  
30 bzw. vergrößerten Kristallgrößen der metallhaltigen Schicht  
5C umgewandelt werden. Demzufolge kann die Bewegung des lokal  
begrenzten Wärmebereichs W nicht nur in der Primärrichtung x  
oder der Sekundärrichtung y, sondern auch in einer im Winkel  
(von vorzugsweise 45 Grad) dazu stehenden Richtung bewegt  
35 werden, wodurch sich eine besonders wirkungsvolle Rekristal-  
lisierung insbesondere von Halbleiterwafern ergibt. Darüber  
hinaus ist auch ein wiederholtes Überstreichen in den ver-

schiedenen Richtungen möglich, wodurch sich teilweise eine Rekristallisationsqualität verbessern bzw. eine weitergehende Vergrößerung der Korngrößen erreichen lässt.

- 5    Somit lassen sich sehr dünne und eng nebeneinander liegende Leiterbahnen mit einer Breite von kleiner 0,2 Mikrometern hinsichtlich ihrer Leitfähigkeit und Elektromigrationseigenschaften wesentlich verbessern.
- 10   Neben der insbesondere auf der Damascene-Technologie basierenden Verbesserung von metallhaltigen Anfangsschichten können jedoch auch alternativ strukturierte oder nicht strukturierte metallhaltige Anfangsschichten auf diese Weise hinsichtlich ihrer Leitfähigkeit und Elektromigrationseigen-
- 15   schaften verbessert werden.

Figur 5 zeigt eine vereinfachte Draufsicht zur Veranschaulichung eines wesentlichen Herstellungsschritts gemäß einem derartigen dritten Ausführungsbeispiel, wobei gleiche Bezugs-

20   zeichen gleiche oder entsprechende Elemente bzw. Schichten bezeichnen und auf eine wiederholte Beschreibung nachfolgend verzichtet wird.

- 25   Gemäß Figur 5 befindet sich auf einem Trägermaterial eine ganzflächige metallhaltige Anfangsschicht bzw. Metallisierung 5 mit einer ersten Korngröße 5A, die im Gegensatz zu dem vorstehend beschriebenen streifenförmigen lokal begrenzten Wärmebereich W nunmehr mit einem punktförmigen bzw. kreisförmigen lokal begrenzten Wärmebereich W behandelt wird. Dieser
- 30   lokal begrenzte Wärmebereich W wird nunmehr gemäß Figur 5 auf einer schneckenförmigen Linie wiederum derart bewegt, dass sich eine Rekristallisation der metallhaltigen Ausgangsschicht 5A zum Erzeugen der metallhaltigen Schicht 5C mit der zur ersten Korngröße vergrößerten zweiten Korngröße ergibt.
- 35   Auf diese Weise können auch ganzflächige metallhaltige Anfangsschichten 5 hinsichtlich ihrer Leitfähigkeit und Elektromigrationseigenschaften verbessert werden, wodurch nicht

nur verbesserte Metallisierungsebenen für Halbleiterschaltungen, sondern auch metallhaltige Schichten mit verbesserten elektrischen Eigenschaften für sonstige Anwendungsbereiche ausgebildet werden können.

5

Die Erfindung wurde vorstehend anhand einer Dual-Damascene-Cu-Schicht als metallhaltige Anfangsschicht beschrieben, sie ist jedoch nicht darauf beschränkt und umfasst in gleicher Weise alternative metallhaltige Materialien und alternative Strukturierungsverfahren.

10

In gleicher Weise ist die vorliegende Erfindung nicht auf ein Trägersubstrat beschränkt, welches eine Halbleiterschaltung beinhaltet, sondern kann in gleicher Weise auf beliebigen anderen Trägermaterialien ausgebildet werden, auf denen eine sehr dünne elektrisch leitende Schicht mit geringem elektrischen Widerstand ausgebildet werden soll.

15

Darüber hinaus muss die vorstehend beschriebene Wärmebehandlung auch nicht auf eine freiliegende metallhaltige Anfangsschicht angewendet werden, sondern es können auch eine oder mehrere Schutzschichten oberhalb oder unterhalb der zu rekristallisierenden metallhaltigen Anfangsschicht liegen. Insbesondere können demzufolge vor der Temperaturbehandlung bereits die Cap-Schicht 6 und nicht dargestellte Zwischenmetall-Dielektrika ausgebildet sein.

20

25

Des weiteren kann die vorstehend beschriebene Wärmebehandlung auch vor dem Cu-CMP-Schritt gemäß Figur 1a durchgeführt werden, oder auch in einer beliebigen Kombination, d.h. vor/nach dem Cu-CMP-Schritt oder nach Cap-Schicht 6 und weiterer Zwischenmetall-dielektrika.

30

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung dünner metallhaltiger Schichten mit geringem elektrischen Widerstand mit den Schritten:
  - 5 a) Ausbilden einer metallhaltigen Ausgangsschicht (5A) mit einer ersten Korngröße auf einem Trägermaterial (1, 2, 3, 4); und
  - b) Erzeugen und Bewegen eines lokal begrenzten Wärmebereichs (W) in der metallhaltigen Ausgangsschicht (5A) derart,  
10 dass eine Rekristallisation der metallhaltigen Ausgangsschicht (5A) zum Erzeugen einer metallhaltigen Schicht (5C) mit einer zur ersten Korngröße vergrößerten zweiten Korngröße durchgeführt wird.
- 15 2. Verfahren nach Patentanspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass in Schritt  
a) Leiterbahnen (5) in einer Primärrichtung (x) und/oder in einer zur Primärrichtung im Wesentlichen senkrechten Sekundär-  
20 d ä r r i c h t u n g (y) ausgebildet werden; und  
in Schritt b) die Bewegung des Wärmebereichs (W) im Wesentlichen in Primärrichtung (x) und/oder in Sekundär-  
richtung (y) oder unter einem Winkel von 45 Grad zur Primär- und Sekundär-  
richtung (x, y) durchgeführt wird.
- 25 3. Verfahren nach Patentanspruch 1 oder 2,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass Schritt b) wiederholt durchgeführt wird.
- 30 4. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 3,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass in Schritt  
b) der lokal begrenzte Wärmebereich (W) durch einen aufgefächerten Laserstrahl, ein heißes Gas, eine Vielzahl von Heiz-  
lampen und/oder einen Heizdraht erzeugt wird.
- 35 5. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 4,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass der lokal begrenzte Wärmebereich (W) streifenförmig oder punktförmig ausgebildet wird.

- 5 6. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 5, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass in Schritt a) als metallhaltige Ausgangsschicht (5A) eine Metalllegierung oder ein dotiertes Metall mit einem Fremdanteil kleiner 5% ausgebildet wird.

10

7. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 6, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass das Trägermaterial eine Diffusionsbarrierenschicht (3) und/oder eine Keimschicht (4) aufweist.

15

8. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 7, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass in Schritt a) ein Damascene-Verfahren durchgeführt wird.

20

9. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 8, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass der lokal begrenzte Wärmebereich (W) eine Temperatur von 150 Grad Celsius bis 450 Grad Celsius aufweist.

25

10. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 9, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Rekristallisation in einer Schutzgasatmosphäre durchgeführt wird.

## Zusammenfassung

Verfahren zur Herstellung dünner metallhaltiger Schichten mit geringem elektrischen Widerstand

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung dünner metallhaltiger Schichten (5C) mit geringem elektrischen Widerstand, wobei zunächst eine metallhaltige Ausgangsschicht (5A) mit einer ersten Korngröße auf einem Trägermaterial (2) ausgebildet wird. Nachfolgend wird ein lokal begrenzter Wärmebereich (W) in der metallhaltigen Ausgangsschicht (5A) derart erzeugt und bewegt, dass eine Rekristallisation der metallhaltigen Ausgangsschicht (5A) zum Erzeugen der metallhaltigen Schicht (5C) mit einer zur ersten Korngröße vergrößerten zweiten Korngröße durchgeführt wird. Auf diese Weise erhält man eine metallhaltige Schicht mit verbesserten elektrischen Eigenschaften.

10

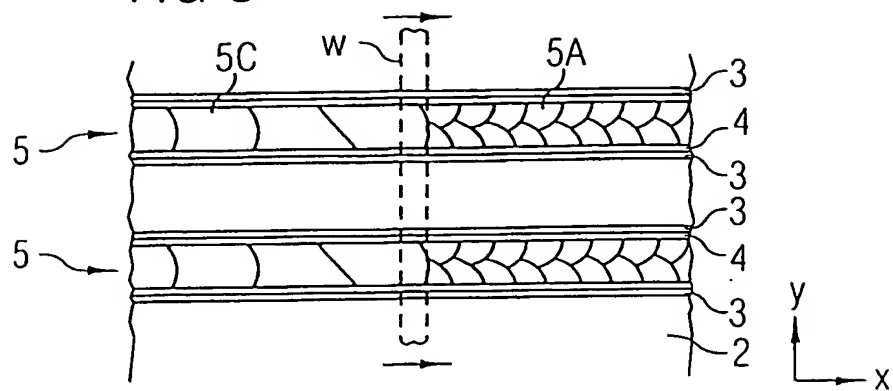
15

Figur 3

20



FIG 3



Bezugszeichenliste

- 1 Trägersubstrat
- 2 dielektrische Schicht
- 5 3 Diffusionsbarrierenschicht
- 4 Keimschicht
- 5, 5A, 5B, 5C metallhaltige (Anfangs-)Schicht
- 6 Schutzschicht
- w1, w2 Strukturbreiten
- 10 W lokal begrenzter Wärmebereich

FIG 1A Stand der Technik

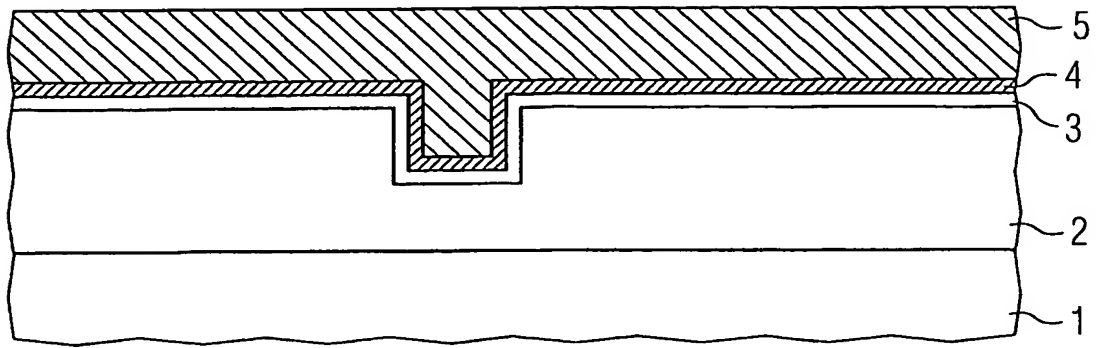


FIG 1B Stand der Technik

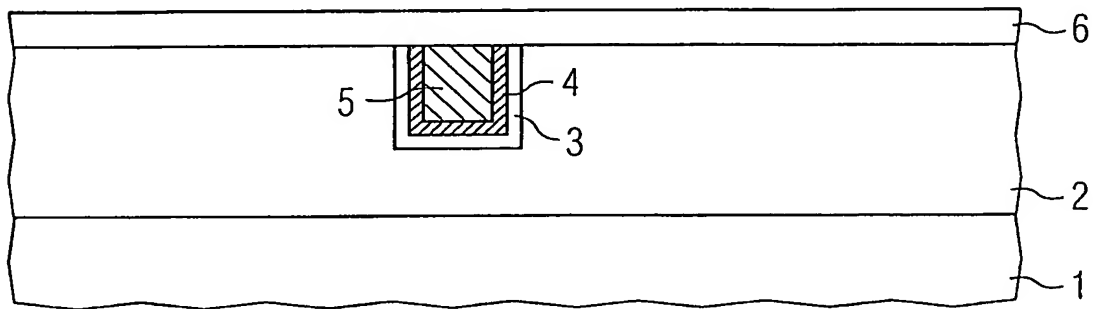


FIG 2 Stand der Technik

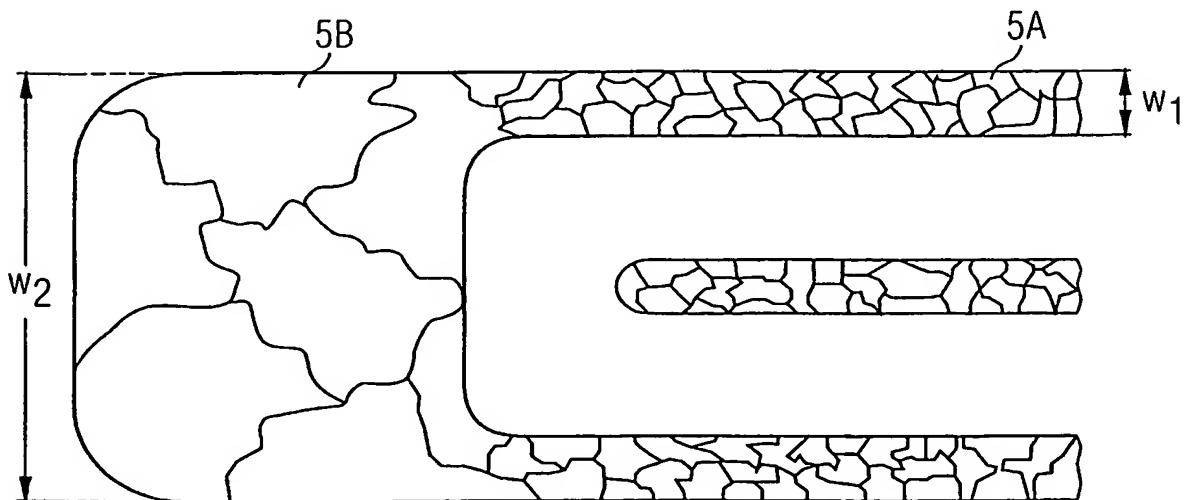


FIG 3

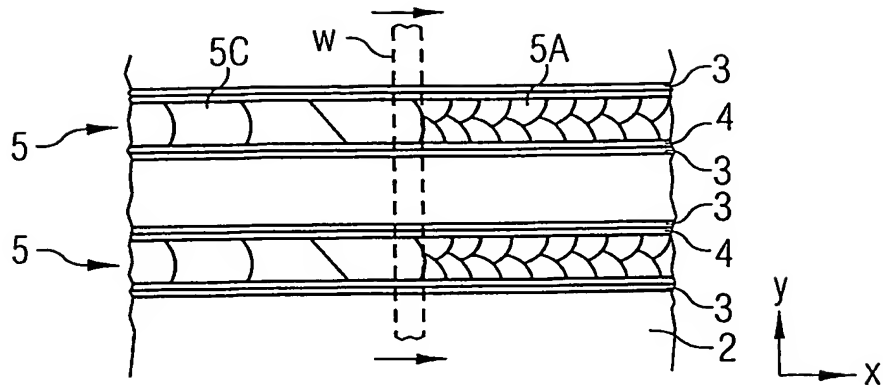


FIG 4

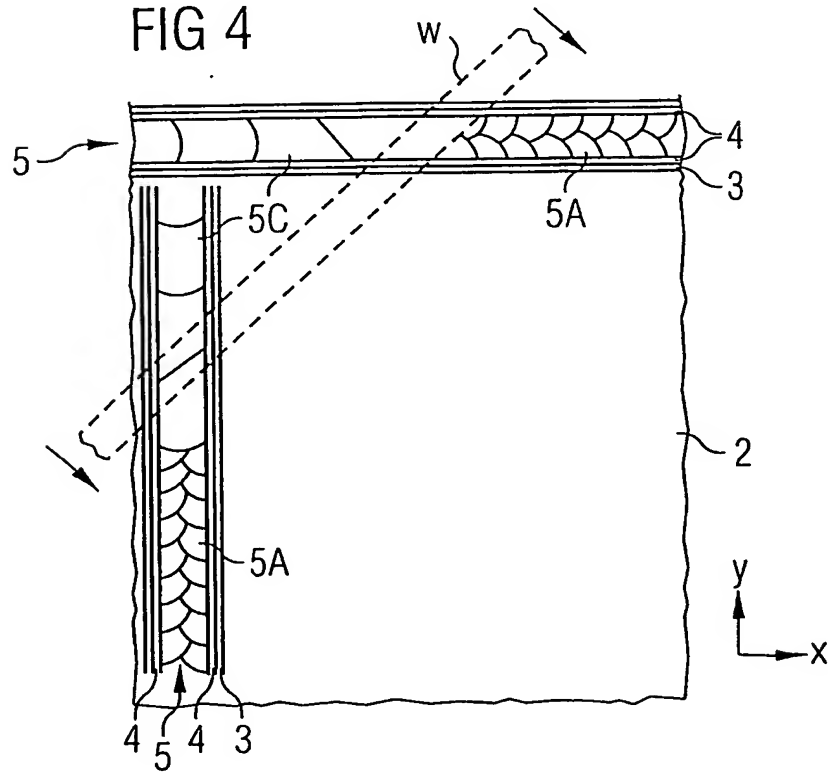
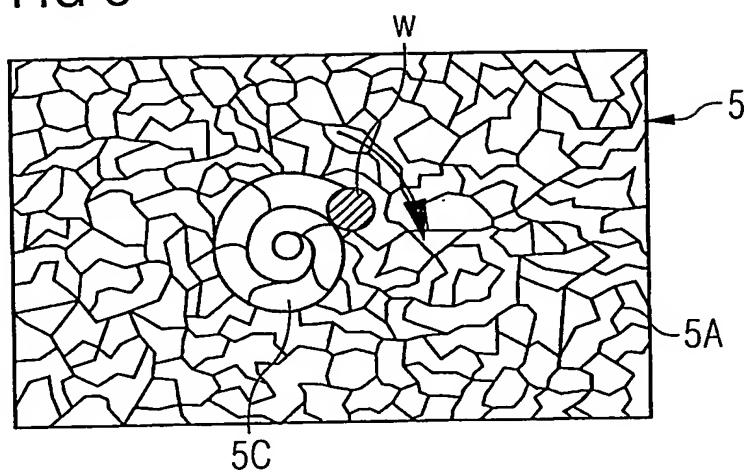


FIG 5



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**